- 4.2.2 等価線形解析 (FLUSH) による対策効果の検討
- (1) 液状化防止効果の検討
 - 1) 検討概要

格子状地盤改良を適用するにあたり、浦安市の戸建て住宅地における状況を反映した街区 モデルを設定し、道路を・宅地の一体的な改良体配置を検討する。そして、浦安市の地盤特 性を反映した地盤モデルを作成して地震応答解析を実施し、L1 相当地震動に対して液状化防 止が可能な改良体の仕様を抽出する。

2) 格子状地盤改良を適用する街区モデルの設定

図 4.2.2-1 に示す住宅と道路を一体としたエリア(5 街区 100 戸)を対象とするが、解析 対象はこの中の1街区とし、格子状改良の配置は図 4.2.2-2 に示す7 通りとした。改良壁は 機械式撹拌で実績の多いφ1.0m での柱状改良を 80cm 間隔で行う場合を基本仕様とした(ラ ップ幅 20cm、有効壁厚 85cm)。また改良体強度も実績の多い Fc=1.5N/mm2 とした。機械式撹 拌で作成する格子状改良は図 4.2.2-3 のようなイメージである。

Case0 :未対策

- Case1-1 : 住戸1戸ずつ改良壁で囲うケース(道路2枚壁)
- Case1-2 : 住戸1戸ずつ改良壁で囲うケース①(道路1枚壁)
- Case1-3 : 住戸1戸ずつ改良壁で囲うケース②(道路1枚壁)
- Case2 : 道路部のみ(2枚壁)
- Case3-1 : 住戸4戸ずつ改良壁で囲うケース(道路2枚壁)
- Case3-2 : 住戸4戸ずつ改良壁で囲うケース(道路1枚壁)



図 4.2.2-1 検討対象街区 (5 街区 100 戸)



d) Case1-3 (道路+1 住戸毎改良②) (赤): 壁厚 85cm

—— (青):壁厚 85cm (改良体下端 GL-8m)

図 4.2.2-2 1 街区(20 戸)を対象とした格子状改良の配置ケース



g) Case3-2(道路+4住戸毎改良)

図 4.2.2-2 1 街区(20 戸)を対象とした格子状改良の配置ケース(つづき)



図 4.2.2-3 機械式撹拌による格子状改良のイメージ

- 3) 地盤モデルと地盤改良の仕様
 - ア) 地盤モデル

地盤モデルは浦安市の液状化地点で得られたボーリングデータの平均的な値(図 4.2.2-4) とし、解析に用いた地盤定数は表 4.2.2-1の値とした(2.2.2参照)。地下水位は GL-1m である。

イ)地盤と改良体の非線形特性

地盤の非線形特性は現地土質試験結果等から得られたものであり、図 4.2.2-5 に示す(2.2 参照)。また、改良体の非線形特性は日本建築センター指針⁸⁾を参照した。

ウ) 改良深度

地盤改良の改良深さは地下水位以深の GL-1m~13m までとした(非液状化層への根入れ 1m を含む)。なお、Case1-3 の宅地部の一部について改良深度を GL-1m~8m とした。

エ)改良体の初期せん断剛性

改良体の初期せん断剛性G0は設計基準強度F。から日本建築センター指針⁸に示されている 式に基づいて以下のように設定した。

- F_c=(1-1.3-V_{quf})q_{uf} (1) V_{quf}:q_{uf}の変動係数であり、施工実績データが乏しい場合は 0.45 とする q_{uf}:一軸強度の平均値
- よって、

 $q_{uf} = Fc / (1 - 1.3 \times 0.45) = 2.4F_c$

文献¹⁰⁾には、改良体のヤング係数 E_{50} , E_{o} と一軸強度 q_{u} の間に次の相関が提案されている。 $E_{50}=130q_{u}$ (砂) (2) $E_{50}/E_{o}=0.2$ (3)

また、ヤング係数とせん断剛性の関係は次のとおりである。

 $E_{o} = 2(1 + \nu)G_{o}$ (4)

改良体のポアソン比 v=0.26 とされている。以上より、

- $G_{o} = E_{o}/2(1+\nu) = 5E_{50}/2(1+\nu) = 5 \times 130/2(1+0.5)q_{u} = 258q_{u}$
- $G_{o} = 258 \times 2.4 F_{c} = 619 F_{c}$

改良体の F_c を0.5から3.0N/mm²とすれば、 G_c は表2に示す値となる。



図 4.2.2-4 モデル地盤(地下水位 GL-1m)

土質名	N値	層厚 (m)	細粒分 含有率 (%)	密度 (t/m ³)	せん断波速度 (m/s)	初期せん断剛性 (kPa)	ポアソン比
			Fc	ρ	Vs	G ₀	ν
Bs (乾燥)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.49
Bs (飽和)	6	1	18	1.80	145	38,038	0.49
Fs	4	6	22	1.80	127	29,029	0.49
As1	15	2	21.9	1.80	197	70,067	0.49
As2	7	2	31	1.70	153	39, 813	0.49
Ac1	2	20	93.6	1.50	133	26, 534	0.49
Ac2	14	15	93.6	1.50	220	72,600	0. 49
Ds (工学的基盤)	74	-	10	2.00	388	301, 088	0.49

表 4.2.2-1 地盤定数一覧





図4.2.2-5 地盤と改良体の非線形特性

(①~③は平成4年度、④~⑤平成23年度実施の現地土質試験結果による)

F_{c} (N/mm ²)	$q_{\rm uf}$ (N/mm ²)	$G_{o} (N/mm^2)$				
0.5	1.2	310				
1.0	2.4	620				
1.5	3.6	930				
2.0	4.8	1240				
3.0	7.2	1860				

表 4.2.2-2 改良体の初期せん断剛性

4) 検討用地震動

解析に用いる地震動は図 4.2.2-6 に示す L1 相当の東北地方太平洋沖地震(夢の島観測波、 M=9.0)とした(2.2.3参照)。



5)2次元FEMによる改良地盤のモデル化

格子状改良地盤による地盤の液状化防止効果は、周辺地盤(未改良地盤)も含めた2次元有限要素 解析を実施して、格子内地盤の液状化に対する安全率であるFL値の分布を調べることで確認した。 解析プログラムにはSuper FLUSH(等価線形解析)を用い、改良地盤と未改良地盤をそれぞれモデル 化した(図4.2.2-7参照)。FLUSHでの解析では奥行き方向が単位長さ(1m)として行うため、格 子状改良による改良壁を平行壁(紙面平行方向)と直交壁(紙面直交方向)に分けた。直交壁は奥行 き方向に連続しているものとして改良体の材料定数を与えるが、平行壁は奥行き方向の格子間隔毎に 壁が1枚となるように密度およびせん断剛性を換算した。さらに未改良地盤と平行壁を2重要素とし、 平行壁は未改良地盤と節点を共有せず、左右端で直交壁と節点を共有させることで格子状改良の拘束 効果を模擬した。

図 4.2.2-8~4.2.2-14 に FEM モデル図を示す。解析断面は1 街区を対象として、図 4.2.2-2 の長辺 方向とし、対称モデルを利用することで10 戸分をモデル化した(ただし、住宅荷重については考慮 していない)。



図 4.2.2-7 格子状改良地盤のモデル化



図 4.2.2-8 2 次元 FEM モデル CASEO



図 4.2.2-9 2 次元 FEM モデル CASE1-1







図 4.2.2-11 2 次元 FEM モデル CASE1-3







4-33

